

2. Содержание питательных веществ в надземной массе не удобряемых и удобряемых злаковых трав по годам, % относительно контроля (пашня)

Вариант опыта	Годы исследования	Без удобрений				На фоне удобрений			
		N	P ₂ O ₅	K ₂ O	CaO	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	CaO
Консервация пашни (контроль)	2011-2014 (среднее)	100%							
Дернина луга	2011	110	88	90	103	98	93	87	99
	2012	108	86	91	89	59	87	82	91
	2013	115	89	102	135	71	68	94	107
	2014	54	91	77	85	37	62	54	52
	Среднее	97	89	90	103	66	78	79	87
Залежь с порослью ивы	2011	120	104	103	122	111	100	97	112
	2012	98	104	98	127	96	96	99	87
	2013	98	88	100	158	107	104	129	131
	2014	62	95	73	100	52	49	49	50
	Среднее	95	98	94	127	92	87	94	95
Залежь с мелкоколесым берёзой	2011	110	105	92	116	107	94	87	101
	2012	99	104	93	97	86	80	80	79
	2013	91	93	107	157	108	128	114	91
	2014	47	77	64	84	46	60	55	64
	Среднее	87	95	89	114	87	91	84	84
Залежь с мелкоколесым осинами	2011	127	102	109	149	109	96	101	111
	2012	103	116	111	138	75	87	85	85
	2013	101	96	115	159	121	111	111	102
	2014	53	79	87	85	47	53	90	56
	Среднее	96	98	106	133	88	87	97	89

Содержание питательных веществ незначительно изменялось в зависимости от вида заделанной биомассы: N в среднем варьировало от 1,60 до 1,90%, P₂O₅ – от 0,60 до 0,70, K₂O – 2,87 (берёза), 3,30 (осина) и 3,07 (ива), CaO – 0,78 (берёза); 0,82 (осина) и 0,85% (ива).

В не удобряемых травостоях содержание азота снижалось в среднем в такой последовательности: осина – 1,34%, ива – 1,31, берёза – 1,21%. Максимальное количество фосфора в травостое (без внесения удобрений) накапливалось при заделке осины (в среднем 0,78%), а

минимальное – дернины луга (в среднем 0,71 %). Содержание калия и кальция снижалось и составляло соответственно (%): при заделке осины – 2,43 и 1,29, ивы – 2,17 и 1,22, берёзы – 2,07 и 1,10%.

Вывод. Поглощение элементов питания сеяным злаковым травостоем зависит от вида биомассы и удобрений. Как по годам исследований, так и в среднем за четыре года (2011-2014 гг.) наиболее благоприятные условия для поглощения азота и калия без удобрений создаются при заделке мелкоколесья осины, а наименее благоприятные – мелкоколесья берёзы. На фоне внесения НК-удобрений наибольшее поглощение азота отмечалось при заделке поросли ивы, а калия – мелкоколесья осины. Внесение минеральных удобрений способствовало повышению поглощения азота на 34-53%, а калия – на 28-41%. Поглощение фосфора злаковым травостоем по годам исследований заметно снижалось. На шестой-седьмой годы жизни трав (2013-2014 гг.) при резком обеднении почвы подвижным P₂O₅ необходимо вносить фосфорные удобрения.

Литература

1. Муромцев Н.А., Семенов Н.А., Бушуев Н.Н., Шуравилин А.В. Лизиметры в почвенно-экологических исследованиях. – М.: РУДН, 2009. – 115 с.
2. Семенов Н.А., Муромцев Н.А., Шуравилин А.В. Влияние запаханной дернины на инфильтрационные потери химических элементов и урожайность сеяных трав // Земледелие. – 2009. – №3. – С. 20-21.
3. Семенов Н.А., Шуравилин А.В., Койка С.А. Влияние удобрений и запаханной биомассы на урожайность сеяных трав и содержание в них питательных веществ // Теоретич. и прикладные проблемы агропромышленного комплекса. – 2014. – № 3. – С. 26-28.
4. Семенов Н.А., Шуравилин А.В., Анж Э.С. и др. Проблемы реставрации залежных земель в лесной зоне России // Вестник Российского университета дружбы народов. С. «Агрономия и животноводство». – 2014. – № 3. – С. 35-41.
5. Шуравилин А.В., Семенов Н.А., Муромцев Н.А., Акутнева Е.А. Влияние запаханной древесно-кустарниковой растительности на инфильтрационный сток и потери питательных веществ. // Землеустройство, кадастр и мониторинг земель. – 2010. – №12. – С. 82-87.

INFLUENCE OF BIOMASS AND FERTILIZERS PLOWED IN THE SOIL ON THE DYNAMICS OF NUTRIENTS IN SOWN GRASS STANDS

D.E. Kucher¹, E.A. Piven¹, A.V. Shuravilin¹, N.A. Semenov²

¹Russian University of Peoples' Friendship, ul. Miklukho-Maklaya 6, Moscow, 117198 Russia

*²Williams All-Russian Research Institute of Fodder Crops, Nauchnyi Gorodok, Lobnya, Moscow oblast, 141055 Russia
E-mail: dmitr004@gmail.com*

The dynamics of plant nutrients in the aboveground part of sown grasses at the application of potassium-nitrogen fertilizers and the natural fertility of soddy-podzolic soil of a forested 8-year-old fallow used more than 40 years ago in field crop rotations, is shown. It has been established that the most optimal conditions for the absorption of nitrogen by grasses, both within the years and on the average for 4 years, are created with the embedding of aspen wood, and the least favorable with the embedding of birches. Against the backdrop of NK fertilizers, the greatest nitrogen uptake was noted with the embedding of willow seedlings, and potassium with the embedding of aspen wood. Absorption of phosphorus by the grass stand is noticeably reduced with the years of research. In the sixth to seventh years of herbs (2013–2014), when the soil is rapidly depleted of mobile P₂O₅, it is necessary to apply phosphorus fertilizers (even if it is temporarily over-abundant in the soil).

Keywords: biomass, fallow, nutrients, grasses, soddy-podzolic soil, fertilizers.

УДК. 631.41

ОКИСЛИТЕЛЬНО-ВОССТАНОВИТЕЛЬНОЕ СОСТОЯНИЕ ПОЧВ, КАК КРИТЕРИЙ ИХ ПЛОДОРОДИЯ

В.И. Савич, д.с.-х.н., В.В. Гукалов**, к.с.-х.н., А.М. Поляков*,*

**РГАУ-МСХА им. К.А.Тимирязева, **Северо-Кавказская опытная станция*

Предложены дополнительные параметры оценки окислительно-восстановительного состояния почв: определение фракционного состава Ох-Red-систем методом потенциостатической кулонометрии, оценка

буферной емкости почв в Ох-Red интервале, антирадикальной активности почвенных растворов и содержания в них антиоксидантов, показателей ΔЕh/ΔрН в разных интервалах рН, величин ΔХ/ΔЕh и ΔХ/ΔЕh; ΔрН

для биофильных элементов и токсикантов. Для интегральной агрономической и экологической оценки окислительно-восстановительного состояния почв применяется оценка их окислительно-восстановительных процессов и режимов.

Ключевые слова: почва, окисление, восстановление, буферность, орошение, плодородие.

Окислительно-восстановительное состояние почв – интегральный показатель их генезиса и плодородия. Его изучению посвящены многие работы [2, 4, 5]. Однако, в основном, рассматривается окислительно-восстановительный потенциал отдельных типов почв и горизонтов в сезонной динамике и зависимость от него подвижных форм биофильных элементов [2, 5]. Отдельные публикации есть по характеристике окислительных свойств почв, окислительно-восстановительным процессам и режимам [6-8]. Проведенные нами исследования позволили уточнить характеристики окислительно-восстановительных систем почв, оценить антирадикальную активность почвенных растворов и содержание в них антиоксидантов, дать агрономическую оценку показателей $\Delta E_h/\Delta t$ при затоплении и $\Delta E_h/\Delta pH$.

Объектом исследования выбраны дерново-подзолистые среднесуглинистые почвы Московской области и обыкновенные черноземы Краснодарского края [5, 8], а также для сравнения образцы других типов почв.

Методика. Состояла в определении pH, E_h , содержания подвижных форм Fe, Mn, NO_3 , P_2O_5 общепринятыми методами (8), в оценке антирадикальной активности почвенных растворов и содержания в них антиоксидантов [1], в оценке фракционного состава окислительно-восстановительных систем почв при титровании их суспензий окислителями и восстановителями, 0,1н. HCl и 0,1н. NaOH, методом потенциостатической кулонометрии [6].

Экспериментальная часть. 1. В разных типах почв и в зависимости от условий увлажнения образцов присутствуют различные окислительно-восстановительные системы, для оценки которых определяют их фракционный состав. Определение проводят при титровании суспензий почв окислителями и восстановителями методами потенциостатической кулонометрии и вольтамперометрии с использованием потенциостатов и амперостатов [6].

По полученным данным, при титровании суспензий почв 1,0 н. $KMnO_4$ при 60°C количество восстановленных веществ в дерново-подзолистой почве было 693, а в черноземе – 973 мг-экв/100 г. При титровании 0,1 н. раствором при 20°C, соответственно, 33 и 50 мг-экв/100 г.

При определении фракционного состава окислительно-восстановительных систем почв методом потенциостатической кулонометрии на электродах из почвенно-угольной пасты в фоновом электролите KCl количество соединений, восстанавливающихся при -0,3В, составляло в дерново-подзолистой почве 0,60 мг-экв/100 г почвы, в черноземе - 1,10, в перегнойно-торфяной почве – 6,3 мг-экв/100 г. Количество соединений, окисляющихся при 1,0 В, в этих почвах составляло, соответственно, 0,2; 0,7 и 2,6 мг-экв/100 г почвы. Оглеение почв привело к уменьшению в них восстанавливающихся соединений при -0,3В: в черноземно-луговой затопленной - 1,2 мг-экв/100 г почв, в незатопляемой – 5,8, восстанавливающихся при 0,4 В, соответственно, 0,8 и 1,8 мг-экв/100 г почв.

Окислительно-восстановительная буферная емкость почв $dOx/dE_{ОВ}$; $dRed/dE_{ОВ} = P_{ОВ}$ характеризует буферную емкость минеральной и органической частей почв к окислению и восстановлению. Знание этого показателя важно для прогноза развития восстановительных процессов при затоплении почв и развития окислительных процессов при переходе почв из анаэробных условий в аэробные.

2. Отдельные типы почв обладают различной буферной емкостью в окислительно-восстановительном интервале. При этом значительные различия существуют и в пределах типов почв для таксономических единиц более низкого иерархического уровня. Закономерные изменения буферности $P_{ОВ}$ в окислительно-восстановительном интервале при титровании их окислителями и восстановителями описываются с разной достоверностью различными математическими формулами. Это иллюстрируется следующими данными.

Почва	Уравнение парной зависимости при титровании почв $K_2Cr_2O_7$
Дерново-подзолистая: площадка 1	$P_{ОВ} = 20,7 + 18,9X_1$
площадка 3	$P_{ОВ} = 50,2 + 15,8X_1$
Светло-каштановая	$P_{ОВ} = 0,2 + 1,9X_1$
Каштановая	$P_{ОВ} = 2,9 + 4,7X_1$

Примечание. Индекс корреляции составляет 0,99.

3. Окислительно-восстановительное состояние системы почва-растение характеризуется содержанием в растворах антиоксидантов и антирадикальной активностью. Полученные данные приведены в таблице.

Содержание биологически активных веществ в растворах почв разной степени увлажнения

Почва	Витамин С, мг/100 г	Содержание полифенолов*, мг/г	Антирадикальная активность**, мкг/г	Содержание антиоксидантов***, мкг/г
Чернозем:				
оптимальная влажность	1,8±0,3	0,1±0,01	5,0±0,6	5,2±1,0
избыточная влажность	2,6±1,1	0,2±0,01	4,6±1,7	2,4±1,5
Дерново-подзолистая:				
оптимальная влажность	0,8±0,2	0,2±0,04	7,7±1,2	2,1±1,3
избыточная влажность	1,6±0,2	0,2±0,04	5,8±1,7	3,5±0,9

*В пересчете на галловую кислоту; **) в пересчете на аскорбиновую кислоту; ***) в пересчете на кварцетин.

Как видно из представленных в таблице данных, в черноземе, по сравнению с дерново-подзолистой почвой, больше витамина С, полифенолов, антиоксидантов. Избыточное увлажнение почв привело к снижению антирадикальной активности и тенденции к уменьшению антиоксидантов. При вычислении этого показателя для всех горизонтов сравниваемых почв при избыточном их увлажнении антирадикальная активность составляла 4,8±1,0 мкг/г; содержание антиоксидантов – 2,5±0,7 мкг/г. При оптимальной влажности эти показатели были, соответственно, 6,6±1,2 и 4,1±1,3 мкг/г. Антирадикальная активность и содержание антиоксидантов различались для отдельных горизонтов почв. Так, для горизонта A_n дерново-подзолистой почвы эти показатели составили, соответственно, 8,1±0,9 и 2,7±1,5, а для горизонта Вг – 6,4 и 0,3 мкг/г.

Наличие оксидантов и антиоксидантов в почвах регулирует изменение окислительно-восстановительных

процессов при избыточном увлажнении, поступлении восстановленных продуктов с опадом растений, при изменении температуры [3]. В то же время, в растениях эти процессы определяют скорость восстановления Eh при охлаждении [3, 5] и повышении температуры.

Рядом авторов выявлены большее содержание антоцианов, антиоксидантная активность, соответствующая большей морозостойкости и жаростойкости сортов, устойчивость к болезням у отдельных сортоподвойных комбинаций яблонь [11].

3. Величина Eh закономерно изменяется от pH среды, однако эти закономерности характерны для разных типов почв.

$\Delta Eh/\Delta pH$ для суспензий почв по данным потенциометрического титрования приведены ниже.

Почва	$\Delta Eh/\Delta pH$
Мерзлотно-таежная	pH 1,0-3,8 -54,8 pH 3,8-4,7 +6,0 pH 4,7-7,3 -35,9
Дерново-подзолистая, «Щапово»	pH = 2,6-10 -43,0
Дерново-подзолистая, «Михайловское»	pH = 3,4-8,0 -65,2
Серая лесная, г. Кашира	pH = 3,5-9,6 -52,4
Серая лесная, «Дружба»	pH = 8,8 – 0,4 -43,9
Чернозем выщелоченный	pH = 9,3-3,0 -48,0
Краснозем	pH = 8,7 – 2,3 -78,1

Полученные данные еще раз подтвердили условность вычисления показателя $gH_2 = Eh/30 + 2pH$ (показателя напряженности окислительно-восстановительных процессов в почве).

Нами проведена оценка изменения Eh от pH среды с использованием 15 математических уравнений.

Математические зависимости $Eh = f(pH)$; $Y = A + BX$: для серой лесной почвы учхоза «Дружба» $Eh = 540,1 - 40,9pH$, $r = -0,99$; для серой лесной почвы, г. Кашира $Eh = 622,5 - 52,4pH$, $r = -0,98$.

4. Большое практическое значение имеет оценка скорости изменения Eh почв при затоплении, что позволяет выбрать допустимые сроки затопления почв весной и при орошении. При этом важны не только величина $\Delta Eh/\Delta t$, но и значение Eh в конце компостирования. Так, по полученным данным, при затоплении в течение 45 дней дерново-подзолистой среднесуглинистой почвы величина $\Delta Eh/\Delta t$ в сутки составила -162 мВ. Величина Eh в конце компостирования была -230 мВ по хлорсеребряному электроду (ХСЭ). Для типичного чернозема, обладающего большей буферностью, в Ох-Red интервале эти показатели были, соответственно, -13,8 и 95 мВ в сутки по ХСЭ.

Для практики важно знать и изменение свойств почв при восстановлении и окислении $\Delta X/\Delta Eh$, где X – содержание Fe, Mn, Al, NO_3 , P_2O_5 и т.д. Например, по полученным данным, в условиях затопления почв в течение 6 дней в дерново-подзолистой почве pNO_3 не изменилось и составило 2,3, в черноземе при оптимальной

влажности – 1,7, а при избыточной влажности изменилось от 2,9 до 4,8 моль/л. Существенные колебания при затоплении почв отмечаются в содержании подвижных форм железа, марганца, алюминия.

При потенциале серой лесной почвы 225 мВ по ХСЭ содержание железа в вытяжках H_2O , Тамма и NH_4OH составляло, соответственно, 2,1; 48,3 и 10,7 мг/100 г почв, а при потенциале 40 мВ - 4,1; 36,7 и 38 мг/100 г.

Таким образом, согласно проведенным исследованиям, для характеристики окислительно-восстановительного состояния почв, как интегрального показателя их генезиса и плодородия, недостаточно определение pH и Eh почвенных растворов. Для прогноза изменения почв при затоплении, орошении, при изменении pCO_2 и Eh после внесения высоких доз органических удобрений необходимо знание окислительно-восстановительных свойств почв, окислительно-восстановительных процессов и режимов. Для более детальной оценки окислительно-восстановительных свойств почв и окислительно-восстановительных процессов необходимо определение фракционного состава окислительно-восстановительных систем, буферной емкости почв в окислительно-восстановительном интервале, антирадикальной активности почвенных растворов и содержания в них антиоксидантов, зависимостей $\Delta Eh/\Delta pH$ в разных интервалах Eh и pH.

Под окислительно-восстановительными режимами почв понимается закономерное изменение окислительно-восстановительных свойств и процессов во времени и в пространстве, а не только изменение Eh по горизонтам весной, летом и осенью.

Под оптимальными моделями окислительно-восстановительного состояния почв понимается оптимальное состояние окислительно-восстановительных свойств, процессов и режимов для наиболее эффективного выполнения почвой экологической функции.

Литература

1. Абрамова Ж.И., Оксенгендлер Г.И. Человек и противовоспалительные вещества. - Л.: Наука, 1985. - 230 с. 2. Кауричев И.С., Орлов Д.С. Окислительно-восстановительные процессы и их роль в генезисе и плодородии почв. - М.: Колос, 1982. - 272 с. 3. Паничкин Л.А., Черницкий М.Ю., Буко О.А. Электрогенная разность потенциалов, как показатель генетической специфичности растений// Известия ТСХА. - 1991. - Вып. 6. - С. 81-95. 4. Поздняков А.И. Полевая электрофизика. - М.: МАИК, 2001. - 187 с. 5. Савич В.И., Кауричев И.С., Шишов Л.Л. и др. Окислительно-восстановительные процессы в почвах, агрономическая оценка и регулирование. - Кустанай, 1999. - 404 с. 6. Савич В.И., Улько Н.Г., Яковлева Н.Н. Определение окислительно-восстановительной емкости почв методом потенциостатической кулонометрии на электродах из почвенно-угольной пасты// Известия ТСХА. - 1980. - №4. - С.76-88 7. Савич В.И., Кауричев И.С., Шишов Л.Л. Агрономическая оценка окислительно-восстановительного состояния почв//Почвоведение. - 2004. - №6. - С. 702-712. 8. Савич В.И., Ларешин В.Г., Дубенок Н.Н. Мелиоративная и агрономическая оценка окислительно-восстановительного состояния почв. - М.: РУДН, 2006. - 482 с. 9. Савич В.И., Наумов В.Д., Гукалов В.В. Локальное протекание почвообразовательных процессов, как фактор корректировки моделей плодородия почв//Международный сельскохозяйственный журнал. - 2017. - №1. - С. 49-53. 10. Савич В.И. Использование электромагнитных полей с заданной информацией для оптимизации системы почва-растение// Международный сельскохозяйственный журнал. - 2017. - №3. - С. 49-51. 11. Усова Г.С., Трутнева Л.Н., Романов М.В., Усов С.В. Хозяйственно-биологические особенности краснолистных и зеленолистных слаборослых клоновых подвоев яблони и сортоподвойных комбинаций на них//Вестник Мичуринского ГАУ. - 2012. - №1. - Ч. 1. - С. 29-32.

REDOX STATUS OF SOILS AS A CRITERION OF THEIR FERTILITY

V.I. Savich¹, V.V. Gukalov², A.M. Polyakov¹

¹Russian State Agrarian University – Moscow Agricultural Academy ul. Timiryazevskaya 49, Moscow, 127550 Russia

²North-Caucasian Experimental Station

Additional parameters have been proposed for assessing the redox status of soil: determination of the fractional composition of redox systems by potentiostatic coulometry; estimation of the buffer capacity of soils in the redox range, antiradical activity of soil solutions and their content of antioxidants, $\Delta E_h/\Delta pH$ ratios in different pH ranges, $\Delta X/\Delta E_h$ and $\Delta X/\Delta Eh$ ratios, and ΔpH for biophilic elements and toxicants. Redox processes and regimes are estimated for the integrated agronomical and ecological assessment of the redox status of soils.

Keywords: soil, oxidation, reduction, buffering properties, irrigation.

УДК 631.417 (470.32)

ВЛИЯНИЕ ПОЛЕВЫХ КУЛЬТУР И ПРИЕМОВ БИОЛОГИЗАЦИИ НА СОХРАНЕНИЕ ПОЧВЕННОГО ПЛОДОРОДИЯ

С.И. Коржов, д.с.-х.н., Т.А. Трофимова, д.с.-х.н., Г.В. Котов,
Воронежский ГАУ им. императора Петра I

394087 г. Воронеж ул. Мичурина 1, Россия E-mail Korzem@mail.ru

В исследованиях, проводимых с 1972 г. на черноземе выщелоченном в длительных стационарных опытах Воронежского ГАУ, изучали приемы сохранения и повышения плодородия почвы. Показано влияние сельскохозяйственных культур, севооборотов, соломы озимой пшеницы и ячменя, многолетних трав, сидерального пара и пожнивной сидерации, дефеката, навоза, минеральных удобрений на содержание гумуса и динамику почвенных микроорганизмов.

Возделывание люцерны в выводном поле и в севооборотах повысило содержание гумуса за 18 лет на 0,15-0,44% относительно его содержания в 1972 г. По темпам минерализации органического вещества, в условиях интенсивного земледелия, изучаемые культуры можно разделить на три группы: зерновые теряют 0,9-1,1 т/га гумуса в год; кукуруза на силос - 1,2-1,3; сахарная свекла и черный пар - 1,8-1,9 т/га. В парных комбинациях потери органического вещества меньше. При чередовании озимой пшеницы с чистым паром гумуса в почве содержалось 3,38%, т. е. на уровне бессменного посева озимой пшеницы, но значительно больше, чем в бессменном пару. Внесение навоза в севообороте как с сидеральным, так и с занятым паром повысило содержание гумуса на 0,06-0,12%. Комплексное применение приемов биологизации земледелия способствовало увеличению содержания гумуса на 0,06-0,1%. При этом установлено, что за оптимальное содержание почвенных микроорганизмов можно принять: бактерии, усваивающие органические формы азота 38-40%, микроорганизмы, ассимилирующие минеральные формы азота - 35-37, олигонитрофильные - 21-24, целлюлозолитические - 1,1-1,2, актиномицеты - 0,7-1,1%.

Ключевые слова: плодородие, севооборот, чернозем, солома, навоз, дефекат, микроорганизмы.

Теоретическое и практическое обоснование приемов сохранения и воспроизводства плодородия черноземов в формировании и активности их живой фазы (как основы плодородия почв) на современном этапе весьма актуально, поскольку микроорганизмы - исключительно чувствительные индикаторы изменений, происходящих в окружающей среде [1, 4].

Результаты исследований, полученные в длительных стационарных опытах, позволяют не только оценить изучаемые культуры и приемы воспроизводства плодородия как факторов формирования комплекса почвен-

ных микроорганизмов, но и своевременно устранить негативные изменения свойств черноземов.

Цель исследований - оценить роль сельскохозяйственных культур, их чередования, разработку приемов воспроизводства плодородия почвы при внесении органических и минеральных удобрений как основных факторов, определяющих параметры биологических процессов черноземов в системах земледелия ЦЧЗ.

Задачи исследований: 1. Выявить влияние сельскохозяйственных культур, послеуборочных остатков, различных видов органических и минеральных удобрений на динамику биологических показателей черноземов; 2. Определить биомассу микроорганизмов в черноземных почвах при различных уровнях техногенного воздействия; 3. Разработать модель биологического блока воспроизводства плодородия черноземов.

Методика. Исследования проводили в стационарных опытах кафедры земледелия и агроэкологии Воронежского ГАУ. Опыт №1 по определению влияния насыщения севооборотов бобовыми культурами (14, 28 и 42%), парных комбинаций различных культур и бессменных посевов на основные показатели плодородия чернозема выщелоченного (заложен М.И. Сидоровым в 1972 г.).

Опыт №2 по определению сочетания биологических и техногенных приемов повышения плодородия почвы (заложен Н.И. Зезюковым в 1985 г.). Схема опыта включает 10 вариантов внесения различных доз минеральных удобрений, навоза (Н), заправку соломы озимой пшеницы (Соп) и ячменя (Ся), биомассы сидератов, возделываемых в пару и пожнивно (Ск), дефеката (Д) в 4-польном севообороте - пар занятый (Пз) эспарцет; пар сидеральный (Пс) эспарцет; озимая пшеница; сахарная свекла; ячмень.

В качестве контрастных объектов использовали также варианты залежи с 1946 г. и с 1991 г. и черного пара с 1972 г., занимающие делянки вне севооборота.

Исследования проводили на выщелоченном тяжело-суглинистом черноземе с содержанием гумуса 4,28%, общего азота - 0,24%, суммы поглощенных оснований - 27,8 мг-экв/100 г почвы, $pH_{\text{сол}}$ 6,5.

Анализ почвы и растений проводили по общепринятым методикам.

Результаты и их обсуждение. Воспроизводство плодородия почв возможно на основе использования